

富山県西部の中新統八尾層群東別所層から産出した生痕化石群集（予報）\*

平澤 聡

富山市科学博物館

939-8084 富山市西中野町一丁目8-31

**Preliminary report on a trace fossil assemblage from the Miocene  
Higashibessho Formation of the Yatsuo Group, western Toyama Prefecture**

Satoshi Hirasawa

Toyama Science Museum

1-8-31 Nishinakano-machi, Toyama City, Toyama Prefecture 939-8084, Japan

This report is a preliminary study on a trace fossil assemblage from the Lower to Middle Miocene Tochiage Mudstone Member of the Higashibessho Formation (inner shelf to bathyal facies of the Yatsuo Group) cropping out in the Yamadanakanose District, western Toyama Prefecture.

The assemblage is mainly consisted of the following fossil burrows: domichnia, fodinichnia and pascichnia such as *Chondrites*, *Cylindrichnus*, *Diplocraterion*, phycosiphoniform, *Planolites*, *Scolicia*, *Taenidium*, *Teichichnus* and *Thalassinoides*. The burrows occur in dark homogeneous/mottled mudstone just below a locally bioturbated, light-colored felsic tuff layer. Modes of occurrences of the trace fossils are characterized as follows: 1) co-occurrence of mudstone- and tuffaceous deposits-filled burrows; 2) ichnofabric not exhibiting a frozen tiered-profile; 3) cross-cutting relationships among tuff-filled burrows, and 4) backfilled and concentrically lined burrows composed of alternate muddy and tuffaceous infillings.

These observations infer that a benthic community with infaunal surface deposit feeders which adopted the reverse conveyor-belt feeding pattern, had not been suffered destructive influence of ash deposition during a certain period of the “Tochiage Stage”.

**Key words :** Higashibessho Formation, Tochiage Mudstone Member, trace fossil assemblage, tuff-filled fossil burrow, surface deposit feeder, reverse conveyor-belt feeding pattern

**キーワード :** 東別所層, 栃上泥岩部層, 生痕化石群集, 凝灰岩で充填された化石棲管, 表層堆積物食者, 逆輸送型の摂食様式

はじめに

富山県中西部の八尾地域を模式地とする下部～中部中新統八尾層群（津田, 1953; Fig. 1A）は、熱帯性浅海貝化石群集に代表される八尾動物群に加え、放散虫類、有孔虫類、棘皮動物、節足動物、海生の脊椎動物、珪藻類、マングローブ林植物の花粉、そして台島型植物群など新第三紀の化石を多く産出する地層である（槇山, 1930; Tsuda, 1956; 松岡・小出, 1980; 山野井ほか, 1980; 早川, 1983; 小笠原ほか, 1990; 金子・犬塚, 1992; Hasegawa and Takahashi, 1992; 平山ほか, 1997; Amano et al., 2001; Ozawa, 2016）。

その一方で生痕化石については、オオグソクムシ *Bathynomus* の管状生痕（松岡・小出, 1980）、カニの這い跡やフナクイムシの生痕（清水ほか, 2000）などごく少数の産出記録に限られており、本層群から産する生痕化石の実態は十分明らかにされていない。

本稿では、八尾層群の上部をなす東別所層から発見された生痕化石群集について予察的に報告する。この群集は、八尾地域西部の山田中瀬<sup>なかのせ</sup>地区を流れる山田川沿いの露頭で観察される（Figs. 1B, 2）。なお生痕学に関する術語は、ブロンリー、大森（監訳）（1993）および日本古生物学会（編）（2010）の邦訳に拠った。

\* 富山市科学博物館研究業績第525号

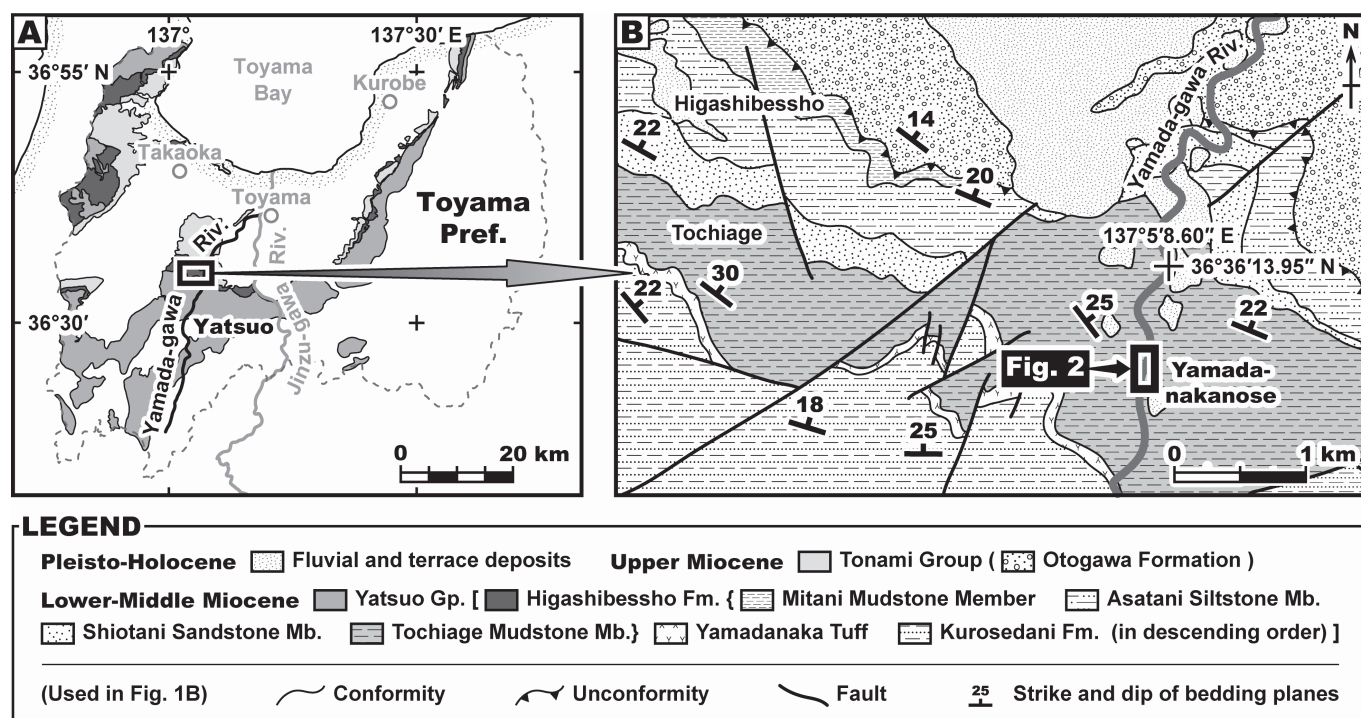


Fig.1 Geological outline maps of Toyama Prefecture and the western Yatsuo area showing distribution of the Upper Cenozoic strata (modified after Hayakawa and Takemura, 1987; Fujii et al., 1992).

## 地質概説

調査地域を含む山田川中下流域には、先新第三系花崗岩類を基盤とし、深海成の泥質岩を主体とする下部～中部中新統の八尾層群上部（下位から黒瀬谷層上部、山田中凝灰岩層および東別所層）と、それを不整合に覆う浅海成の上部中新統砺波層群上部（音川層）が分布する（早川・竹村, 1987; Fig. 1B）。八尾層群上部は、日本海拡大に伴う基盤の急激な沈降で形成された堆積盆の地史を記録している（津田, 1953; 伊藤ほか, 1999; 金子, 2001）。

調査対象とした東別所層（藤田・中川, 1948）は、凝灰岩を挟在する泥質岩を主とし、下位より栃上泥岩部層、塩谷砂岩部層、浅谷シルト岩部層および三谷泥岩部層の4部層に区分される（早川・竹村, 1987）。本層から、東別所動物群（鮎野, 1964）とよばれる深海泥底の有孔虫類、ウニ類や化学合成群集を含む二枚貝類の化石などが産出する（Amano et al., 2004）。微化石と貝化石群集の組成から、東別所層は内側陸棚相～漸深海相と考えられている（千地, 1986; 小笠原ほか, 1990; Hasegawa and Takahashi, 1992; 清水ほか, 2000; Amano et al., 2001; Ozawa, 2016）。また、古地磁気・微化石複合層序により、本層は下部中新統の最上部から中部中新統の最下部に対比される（Ozawa, 2016およびその引用文献）。報告する生痕化石群集は、栃上泥岩部層（早川, 1983）から産出した。

栃上泥岩部層は主に暗色頁岩や塊状泥岩からなり、砂

岩泥岩互層を挟在する（早川, 1983; 早川・竹村, 1987; Amano et al., 2001; Ozawa, 2016）。本部層は、微化石（珪藻類、放散虫類、有孔虫類）、腔腸動物（サンゴ類）、棘皮動物（ウミユリ類、ウニ類）、節足動物（貝形虫類、十脚類、等脚類）、軟体動物（二枚貝類、翼足類、頭足類）そして脊椎動物（サメ類）といった、多様な動植物化石を含む（後藤, 1996; 清水ほか, 2000）。

山田中瀬地区の山田川河岸に露出する栃上泥岩部層は、灰色泥岩の卓越した岩相を示す。また、一部層準で粗粒～極粗粒砂サイズの軽石からなる、比較的厚層の軽石質砂岩層を挟む（Fig. 2）。層理面は北西－南東走向であり、北へ10～60°ほど傾斜する。生痕化石群集は中瀬橋より北へ約20 mの山田川左岸に見られる、19°N程度の緩傾斜した河床露頭に認められる（Figs. 2, 3）。

## 岩相

生痕化石産出露頭は泥岩およびシルト岩の優勢な岩相であり、砂岩や凝灰岩の薄層を挟在する（Figs. 2-4）。

泥岩およびシルト岩は、暗赤褐色（風化面）から暗灰色（新鮮面）を呈する不淘汰な泥質岩である。露頭下部のシルト岩は特に砂質粒子を多く含む（Fig. 3A）。一般に泥質岩は顕著な生物攪拌を受けていて、均質ないし斑紋状（Taylor and Goldring, 1993 によるbioturbation indexのBI = 4-5に相当）の岩相を示す。ただし、一部の区間できわめて不明瞭な平行葉理が認められる（Fig. 3B）。

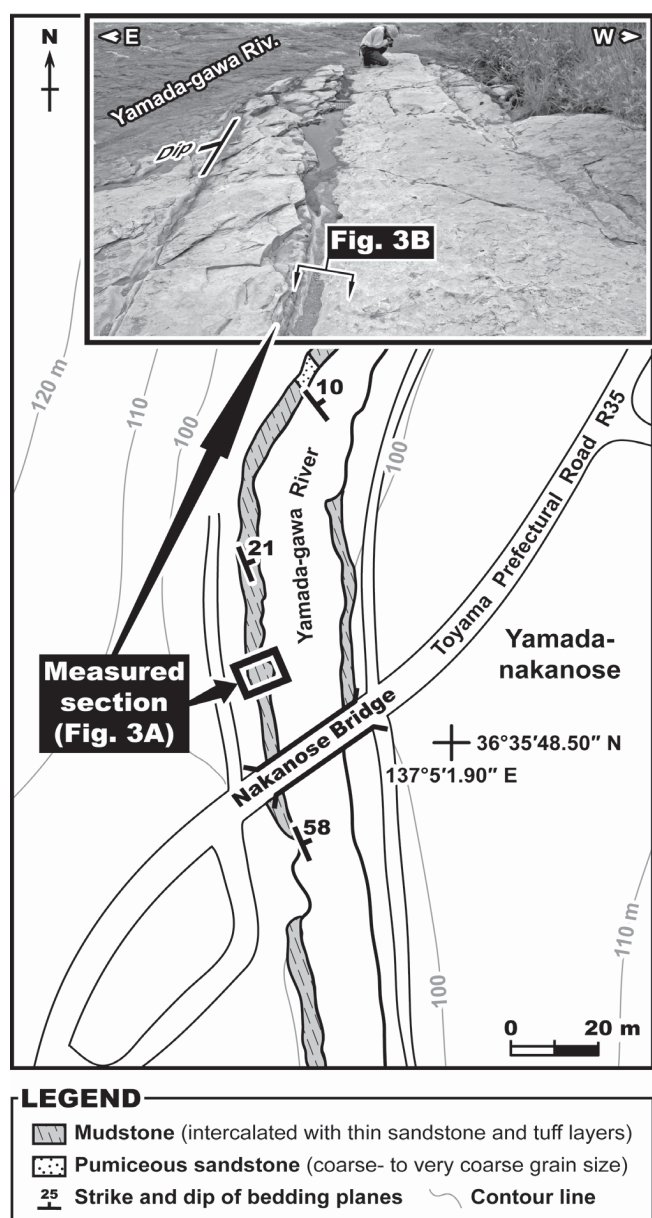


Fig. 2 Route map with an outcrop photograph of the Yamadanakanose District, western Toyama Prefecture. Note a shallowly dipping mudstone interval of the measured section.

露頭下部を除き、シルト岩は不明瞭で側方連続性の悪い層理面、あるいは明瞭かつ侵食的な基底面をもつ薄層として泥岩と細互層をなす (Fig. 3B)。侵食的な基底面をもつシルト岩層は砂質であり、泥岩のリップアップクラストを含む。生痕化石は泥質岩に普遍的に見られる。また、有孔虫類、ウニ類、二枚貝類（合弁個体を含む）やツノガイ類といった動物化石に加えて、生痕化石 *Teredolites* に穿孔された炭化材化石が散在的に産出する。ごく稀ではあるが、中礫サイズのノジュールも産する。

砂岩は明灰色～暗灰色石質で、やや不淘汰な極細粒～中粒砂からなる。また、極粗粒砂～細礫サイズの軽石や

スコリアを含む層準がある。単層内に明瞭な内部堆積構造は発達せず、ほぼ塊状な岩相を示す。砂岩はシート状、レンズ状、波状あるいは側方連続性の悪い薄層として、泥質岩と不規則な間隔で互層する (Fig. 3)。極細粒～細粒砂岩層は、生痕化石による掘進や攪拌を受けており側方連続性に乏しい。中粒砂岩層は、侵食的な基底面をもち暗色泥岩のリップアップクラストを含む。また、上部は非常に不明瞭な級化を示し、急激に泥岩へと漸移する。砂岩は、分類群不明なバイオクラストや有孔虫類の化石をわずかに含む。

凝灰岩は露頭上部の1層準に認められる。成層構造をなし、明瞭かつ平坦な基底面をもつ下位の灰白色粗粒凝灰岩を、白色細粒凝灰岩が不明瞭な境界面を介して被覆する (Fig. 3B)。両凝灰岩とも珪長質である。粗粒凝灰岩の淘汰は中程度だが、細粒凝灰岩ではきわめて淘汰良好である。凝灰岩層に明瞭な葉理は発達せず、また生物攪拌のため側方連続性に乏しい (Fig. 4)。生物攪拌の顕著な部分は、下位の暗色泥岩と不規則かつ漸移的な境界で接するか、または泥岩と混合されて灰色の凝灰質泥岩となっている (Figs. 3, 4)。細粒凝灰岩の上部は、上位の泥岩へと漸移する (Fig. 4)。凝灰岩中に肉眼で観察可能な大きさの体化石は見られない。細粒凝灰岩層上部から中粒砂岩層までの区間には、細～中礫サイズの軽石が散在的に分布する (Fig. 3B)。

次節で記載する生痕化石群集は、凝灰岩層に覆われる泥岩層から産出する (Figs. 4, 5)。生痕化石は暗灰色の泥岩を母岩とし、白色あるいは灰白色の化石棲管を主体とした明瞭な生痕ファブリック *ichnofabric* を示す (Figs. 4, 5A, B)。

### 生痕化石群集の特徴

生痕化石群集は、層理面に対してほぼ水平から垂直な姿勢をとる化石棲管を主として構成され、内成浮き彫り痕 *endichnia* や上面浮き彫り痕 *epichnia* として産する (Figs. 4, 5A)。緩傾斜した層理面の露頭であるが、這い跡や歩行痕は確認されない。

化石棲管は母岩と同様な岩質の泥岩のほか、被覆層である凝灰岩、あるいは凝灰質泥岩で充填されている (Fig. 5A, B)。同一の化石棲管であっても、充填物が複数種の岩石からなる場合もあり、泥岩、凝灰質泥岩さらに凝灰岩を1棲管内に保存した産状も認められる (Fig. 5B)。凝灰質岩で充填された化石棲管は、典型的な *bed-junction preservation* (Simpson, 1957) を示す (Figs. 4, 5A, B)。また、凝灰質岩を保存した化石棲管の産出頻度は、凝灰岩層の直下で最も高く、下位へと漸減する (Figs. 4, 5A)。産出頻度の高い層準では、個々の化石棲管が切り合



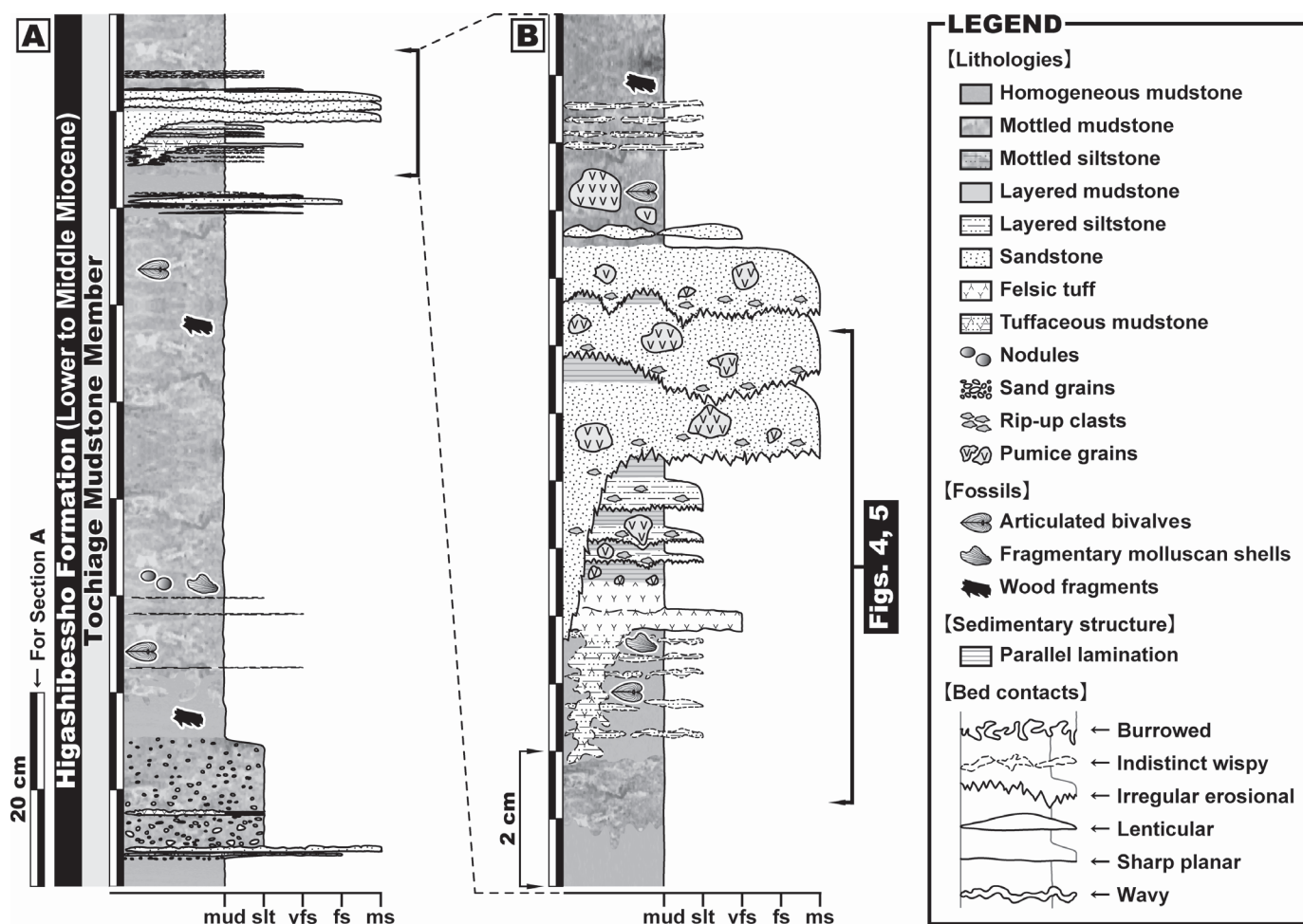


Fig. 3 Columnar sections of the Tochiage Mudstone Member (lower part of the Higashibessho Formation). (A) Whole measured section shown in Figure 2. (B) Muddy stone-tuff-sandstone interval bearing fossil burrows filled by tuffaceous deposits.

い関係 cross-cutting relationship を示し、充填物の岩質によらず互いに交叉する。特定の充填物の化石棲管による一方的な切り合い関係は認められず、凝灰質岩充填棲管に切られる泥岩充填棲管もあれば、その逆の産状も見られる (Fig. 5B)。

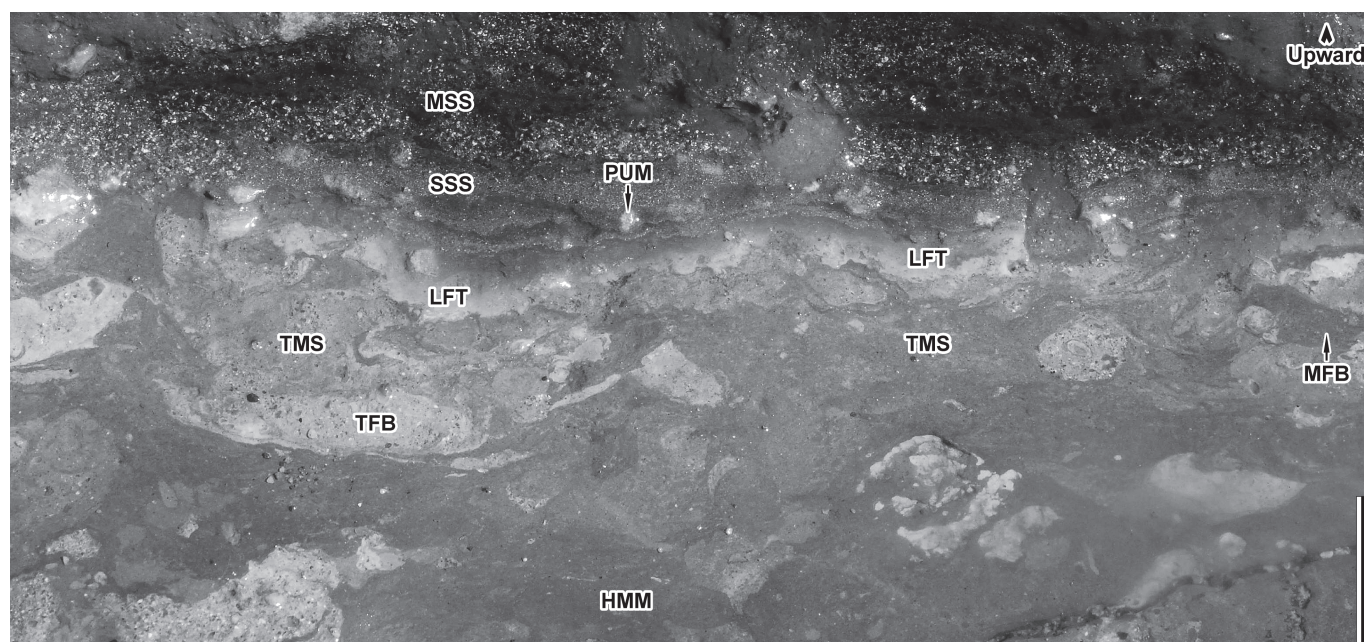
棲管径 5 mm 以上になる大型の化石棲管では、内部構造を有するものと無構造なものがある (Fig. 5A-E)。内部構造の有無は、充填物の岩質に関係しない。内部構造をもつ化石棲管のうち、層理面に対してほぼ水平ないし低角で斜交するものの多くは、メニスカス状の後方充填構造 meniscate backfilled structure をもつ (Fig. 5C-E)。このタイプの化石棲管では、一般に充填物を取り巻く管壁 wall が極めて薄いか、あるいはほとんど発達していない。しかし、後方充填構造のある充填物を、厚い管壁で裏打ち lining した化石棲管も少数ながら産出する (Fig. 5F)。後方充填構造は一種類の岩石から構成されるほか、泥岩と凝灰質岩の両方で形成される場合もある (Fig. 5D, E)。後者では、複数種の岩石からなるメ

ニスカス状充填物が、互層状に配列する傾向を示す (Fig. 5D)。ただし、配列の規則性とそれぞれの厚さは、必ずしも一定でなく、同一棲管内でもかなり変化することもある (Fig. 5D, E)。層理面に対し垂直から高角に斜交する化石棲管では、泥岩と凝灰質岩からなる同心円状構造をなすものが多い (Fig. 5A, B)。このような棲管は、泥岩あるいは凝灰質岩のいずれかで形成された中心域 (コア core) をもつ。また、コアを取り巻く裏打ち構造は、単一の厚い管壁、あるいは複数の薄い管壁からなる年輪状である。前者の管壁を構成する岩石は単一の岩質だが、後者では泥岩と凝灰質岩の互層状構造をなす産状もある。

大型の化石棲管とは異なり、棲管径 3 mm 未満の細管状生痕化石は、層理面に対する姿勢に関係なく肉眼で観察可能な内部構造をもたない (Fig. 5G)。

生痕化石群集で同定可能な要素は、*Chondrites*, *Cylindrichnus*, *Diplocraterion*, phycosiphoniform, *Planolites*, *Scolicia*, *Taenidium*, *Teichichnus* および *Thalassinoides* である





**Fig. 4 Thin layer of light-colored felsic tuff overlying dark, homogeneous/mottled mudstone.** The tuff passes up into mudstone which is overlain by mudstone-sandy siltstone couplets and medium-grained sandstone in ascending order. The tuff layer is laterally discontinuous and partly have an irregular, gradual basal surface. Both mudstone- and tuff-filled fossil burrows occur beneath the tuff. The latter exhibits a typical bed-junction preservation. This ichnofabric does not reflect a frozen tiered-profile, but on the contrary, it infers burrowing and downward mixing due to a paleo-benthic community after ash deposition. See Figure 5 for abbreviations. Scale bar equals 2 cm.

(Fig. 5C-E, G-N). *Diplocraterion*, *Taenidium* と *Thalassinoides* は、本群集における大型の化石棲管であり、稀に棲管径2 cm以上、長さ10 cmを超える。細管状の *Chondrites* と phycosiphoniform は、それぞれ凝灰岩および泥岩のみで充填されている。これら以外の化石棲管の充填物は、泥岩か凝灰質岩、あるいはその両者からなる。産出頻度も生痕化石の種類によって異なり、*Chondrites*, *Cylindrichnus*, phycosiphoniform, *Planolites* および *Teichichnus* は調査区間から普遍的に産出する。一方、*Scolicia*, *Taenidium* そして *Thalassinoides* に同定される化石棲管の産出は少ない。

*Chondrites* (Fig. 5G, H) は、斑点状に集合あるいは水平方向から下方へ不規則かつ樹枝状に分岐した、細管状の生痕化石である。ほぼ一定（最大で3 mm程度）の棲管径であり、内部構造をもたない。

*Cylindrichnus* (Fig. 5I) は、層理面に対してほぼ垂直な円筒状の化石棲管である。同質または異質な堆積岩からなる、同心円状の内部構造（中心域のコアとそれを取り巻く複数の管壁）が発達する。本生痕属は、上面浮き彫り痕の産状でのみ認識される。

*Diplocraterion* (Fig. 5J) は、円弧状で互いに逆方向を向きつつ、直線状に配列したスプライトspreite構造と、その両端部にある円筒状の垂直棲管という形態で産出する。上面浮き彫り痕でのみ、本生痕属を認識できる。

Phycosiphoniform (Fig. 5K, L) は、斑点状、直線状あるいは屈曲した細管状の暗色なコア（最大径で1.5 mm程度）と、それを部分的または完全に取り囲む不定形な灰白色のマントル mantle からなり、クラスター状に集合した産状を呈する。また、大型化石棲管の内部に密集して composite trace fossil structure (Bertling et al., 2006) をなしている場合も多い (Fig. 5D, L)。

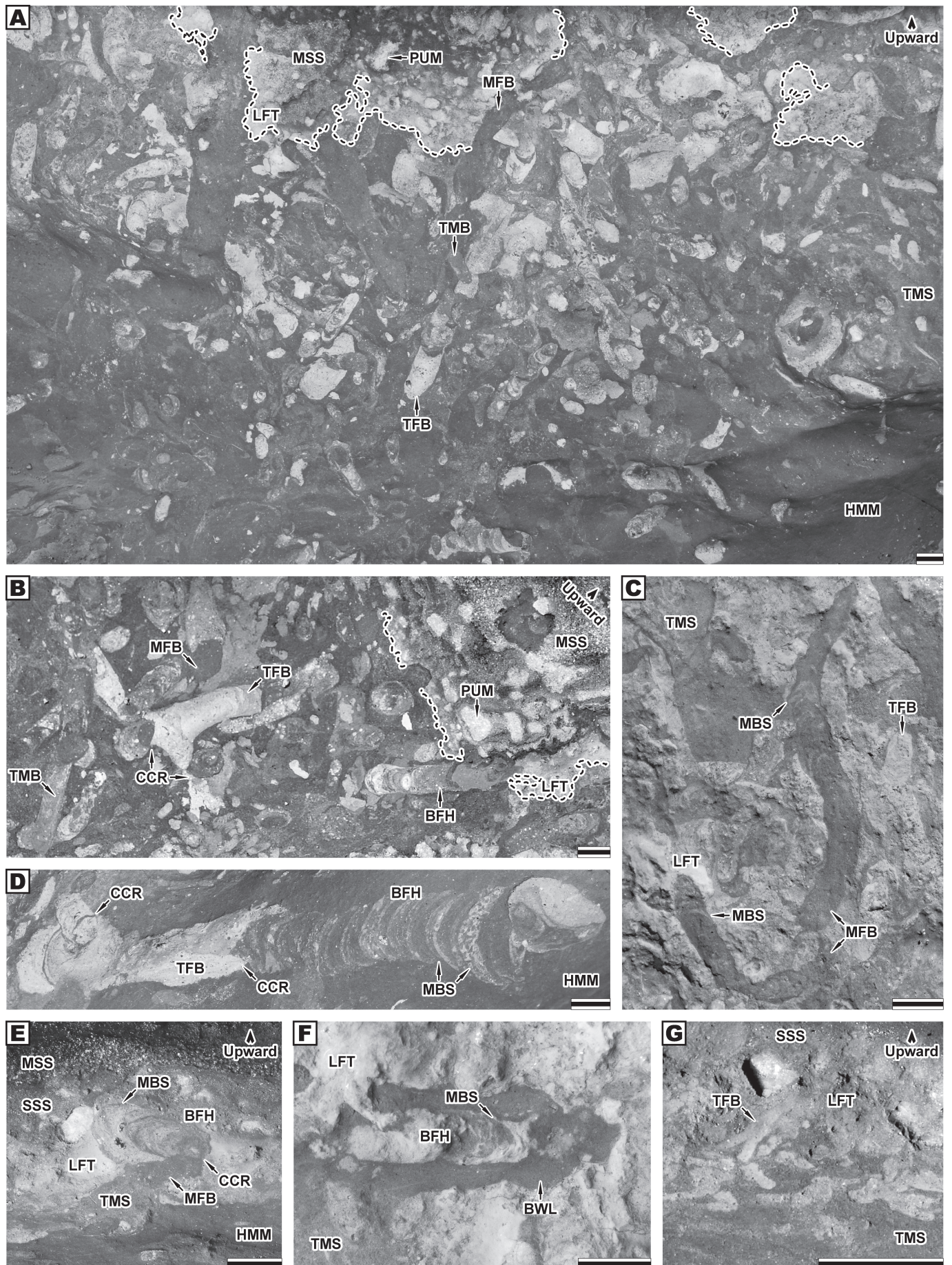
*Planolites* (Fig. 5C) は、層理面に対しほぼ平行する、直線状からやや蛇行した化石棲管である。一般に内部構造を欠くが、稀に不明瞭かつ不規則な間隔で配列した後方充填構造を示す産状もある。

*Scolicia* (Fig. 5D) は、層理面に対し平行ないしごく低角で斜交し、かつ水平方向へ緩やかに蛇行する化石棲管である。棲管内部にメニスカス状の後方充填構造が発達する。

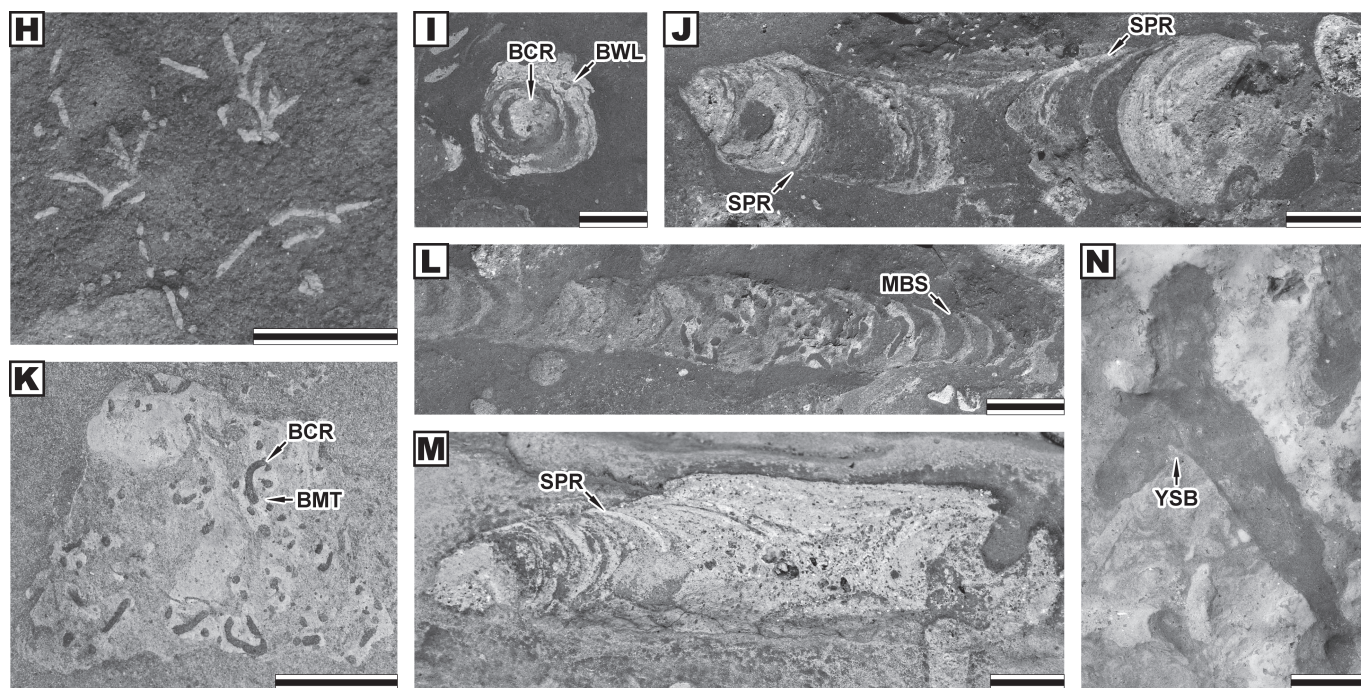
*Taenidium* (Fig. 5L) は、層理面に対し平行あるいは低角で斜交する、直線状からやや屈曲した形態の化石棲管である。内部に発達した、三日月型の厚い後方充填構造が特徴的である。

*Teichichnus* (Fig. 5M) は、層理面に対し低～高角な円筒状の棲管と、その下部に累重した葉理状のスプライト構造からなる。層理面における産状では、楕円状の棲管とそれに連続する密に配列したスプライトで形成された後方充填構造を示す。









**Fig. 5 Ichnofabrics and fossil burrows of the Tochiage Mudstone Member (A-D, F and H-N, bedding plane views; E and G, bedding parallel views).** Broken lines (A and B) indicate a basal surface of the felsic tuff layer. (A) Modes of occurrences of the burrows. Note co-occurrence of the burrows filled by muddy and tuffaceous materials below the tuff layer. (B) Cross-cutting relationships among the burrows composed of different infilling materials (dark mudstone, gray tuffaceous mudstone and whitish tuff) which show internal structures or structureless features. Some examples of the heterogeneous deposit packages within a single burrow are also observed. (C) Mudstone-filled, sinuous horizontal burrows (*Planolites*) formed just beneath the tuff layer. Faint tuffaceous menisci are locally preserved within their infillings. (D) Horizontally undulating, meniscate backfilled burrow (*Scolicia*). The meniscate structure is consisted of alternate muddy and tuffaceous deposits. Several tuffaceous menisci are reburrowed by phycosiphoniform. The backfilled burrow and unidentified tuff-filled trace fossils (with structured or structureless infillings) intersect each other. (E) Elliptical, meniscate backfilled trace fossil burrowed into an interface between the mudstone and tuff beds. Tuffaceous menisci are much thicker than those of mudstone. Horizontal, mudstone-filled burrow partly intersects the backfilled trace fossil. (F) Horizontal burrow composed of a muddy and tuffaceous backfilled core lined by a thick muddy burrow wall. Just beneath the tuff layer. (G) Tuff-filled *Chondrites* burrowed down from the tuff into the mudstone. (H) *Chondrites*. Dot-like and irregularly branching thin burrows filled by structureless tuff. (I) *Cylindrichnus* exhibiting an obvious concentric internal structure. (J) *Diplocraterion*. Two cylindrical vertical burrows connected by a spreite-filled horizontal burrow. The spreite lamellae are oriented in opposite directions. (K) Phycosiphoniform. Dot-like, straight and tortuous dark cores partly or completely surrounded by irregular-shaped pale mantles. (L) *Taenidium*. A straight horizontal burrow characterized by a rather thick, crescentic backfilled structure. Phycosiphoniform locally reburrows the structure. (M) *Teichichnus*. Closely packed, spreite lamellae successive to a cylindrical burrow. (N) *Thalassinoides*. A Y-shaped horizontal burrow with faint internal structures. Abbreviations: BCR, burrow core; BFH, burrow filled by heterogeneous deposits; BMT, burrow mantle; BWL, burrow wall; CCR, cross-cutting relationship of burrows; HMM, homogeneous/mottled mudstone; LFT, light-colored felsic tuff; MBS, meniscate backfilled structure; MFB, mudstone-filled burrow; MSS, medium-grained sandstone; PUM, pumice grain; SPR, spreite; SSS, sandy siltstone; TFB, tuff-filled burrow; TMB, tuffaceous mudstone-filled burrow; TMS, tuffaceous mudstone; YSB, Y-shaped branching. All scale bars equal 1 cm.

*Thalassinoides* (Fig. 5N) は、層理面に平行するY字状に分岐した上面浮き彫り痕として産する。1棲管系内に、複数の分岐を確認できる産状も見られる。また、不明瞭な内部構造を有することがある。

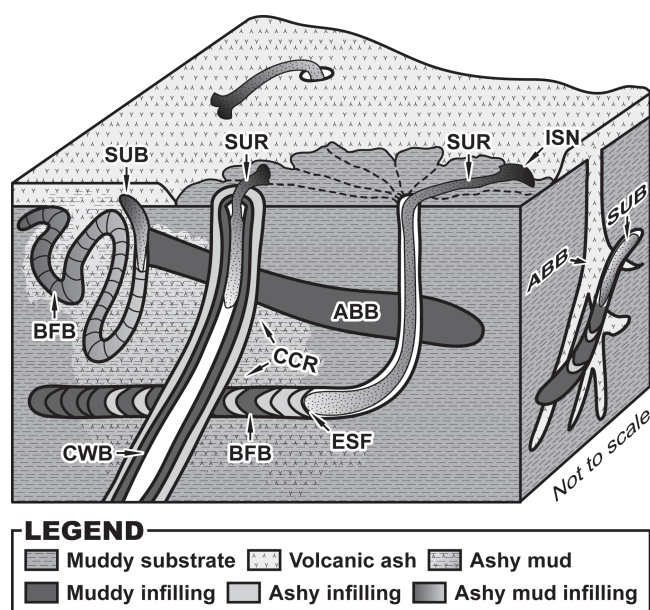
## 考察

栃上泥岩部層の生痕ファブリックは、漸深海底あるいは陸棚斜面の凝灰岩を挟在した泥質岩相における生痕化

石群集の産状、例えば、千葉県南端部の上部鮮新統白間津層 (Kotake, 1992; 小竹, 1997) や、エクアドルの鮮新統Onzole層 (Miller and Vokes, 1998) と非常に類似している。

本群集をなす化石棲管も陸棚斜面から深海扇状地、および深海平原の泥質岩相に形成された生痕化石群集でごく一般に認められる (Hubbard et al., 2012; Uchman and Wetzel, 2012; Wetzel and Uchman, 2012)。し





**Fig. 6 Schematic reconstruction of a muddy-bottom infaunal community under an ash layer at a certain period during the "Tochiage Stage".** Both infaunal surface- and subsurface deposit feeders had been still active after ash deposition, so that their burrows, whose muddy/ashy infillings were actively or passively formed, intersected each other. The ash layer was mixed with the underlying muddy substrate due to burrowing and/or feeding activities of the deposit feeders. The surface deposit feeders ingested nutrient materials together with the mud and ash, and then excreted them as feces into their burrows. Such the behavior pattern (reverse conveyor-belt feeding) resulted in backfilled or concentric internal structures composed of the heterogeneous sediments within the burrows. Abbreviations: ABB, abandoned burrow; BFB, backfilled burrow; CCR, cross-cutting relationship; CWB, concentric walled burrow; ESF, excretion of sediments as feces; ISN, ingestion of sediments with nutrient materials; SUB, subsurface deposit feeder; SUR, surface deposit feeder.

かし、これらはまた、浅海域の群集を構成する要素でもある (Ekdale, 1985; Seilacher, 2007). したがって調査区間の生痕化石群集は、特定の堆積環境を示唆しない。同定される化石棲管は、いずれも埋性底生動物の居住痕domichnia, 定在摂食痕fodinichniaあるいは移動摂食痕pascichniaであり、堆積物食や懸濁物食といった摂食様式を採る蠕虫類、ウニ類および甲殻類などの巣穴であったと解釈されている (Seilacher, 1964; Howard, 1966; Fürsich, 1974; Smith and Crimes, 1983; Ekdale, 1985; D' Alessandro and Bromly, 1987; Fillion and Pickerill, 1990; Kotake, 1991; Pemberton et al., 1992; Uchman, 1995; Bromly, 1996; Schlirf, 2000; Bednarz and McIlroy, 2009).

本部層の生痕ファブリックの特徴として挙げられる点は、1) 攪拌された凝灰岩層の基底部 (Fig. 4), 2) 凝

灰質岩で充填された内部構造のある化石棲管 (Fig. 5A, B), そして3) 相互に交叉した凝灰岩充填棲管 (Fig. 5B, D) である。

これらの特徴から、「桁上泥層」形成当時の底生群集は火山灰による埋積に対して、壊滅的な打撃を受けなかったと推定できる。凝灰岩層より下位の生痕ファブリックは、生き埋めにより活動を停止した底生群集を反映する、「凍結された」垂直分帯断面frozen tiered-profile (Savrda and Bottjer, 1986; Orr, 1994) ではない。すなわち、少なくとも大型の棲管を形成した底生動物は、火山灰堆積後も引き続き活動していたことを示している。

1) の特徴は、主に泥底質と火山灰層の境界部で活動した、下層堆積物食者subsurface deposit feederに起因すると考えられる (Fig. 6). また2) および3) は、火山灰を取り込みつつ巣穴を形成していった、複数個体ないし複数種類の堆積物食者の存在を示唆する。海域の底生群集は、その組成や個々の生物の習性、堆積環境および埋積量の違いに起因して、突発的に供給された火山灰で生き埋めにされた場合、必ずしも死滅せず、ほとんど影響を受けなかったと考えられる事例も知られている (Huff et al., 1992; Harper et al., 1995; Heikoop et al., 1996; Hints et al., 2003; Wetzel, 2009; Botting et al., 2012). 桁上泥岩部層に棲管を残した底生群集は、後者であったといえる。ただし、Fig. 5E のように、凝灰質岩からなる生痕化石を切る泥岩充填棲管の場合、火山灰層よりも上位の泥層から形成された棲管が、火山灰層下の生痕と交叉した可能性も高い。

2) の特徴から、このタイプの化石棲管を形成した底生動物の古生態が推定できる。内部構造の発達した充填物は、明らかに生痕形成者の摂食・掘進行動に伴う形成時充填物 active fill (Frey, 1973) とみなせる。注目されるのは、生痕形成層準より上位の物質 (凝灰岩) を素材として内部構造に組み込んでいる点である。したがって形成者は、逆輸送型の摂食 reverse conveyor-belt feeding (Wheatcroft et al., 1990) 様式を採用した埋性表層堆積物食者 infaunal surface deposit feederと推定され、底質表面の餌物質を堆積物と共に摂食した後、それを棲管内に排泄しつつ巣穴を拡張していったと解釈できる (Fig. 6). このような生態をもつ化石棲管の形成者として、例えばユムシ類echiuridやフサゴカイ類 terebellid polychaete などが想定されている (Ohta, 1984; de Vaugelas, 1989; Kotake, 1992; Nara, 1995).

一方で無構造な凝灰岩充填物の場合、その全てとはいえないものの、多くは放棄された巣穴の開口部から内部へ流入した火山灰に由来する、形成後充填物passive fill (Frey, 1973) と考えられる。

## まとめ

富山県西部、山田中瀬地区の東別所層枳上泥岩部層（下部～中部中新統八尾層群）から産出した生痕化石群集を概略的に記載し、それによる生痕ファブリックの成因について考察した。本報告の概要は以下の5点である。

1) 生痕化石群集は、明色の珪長質凝灰岩層に被覆された暗色泥岩層より産出し、泥岩、凝灰質泥岩および凝灰岩で充填された化石棲管で特徴づけられる。

2) 本群集は主として、*Chondrites*, *Cylindrichnus*, *Diplocraterion*, phycosiphoniform, *Planolites*, *Scolicia*, *Taenidium*, *Teichichnus* および *Thalassinoides* といった、居住痕や定在/移動摂食痕から構成される。

3) 凝灰岩層の基底部は生物攪拌を受けている。また、凝灰質岩で充填された化石棲管は互いに交叉した産状を示す。すなわち、凝灰岩層より下位の生痕化石群集は、frozen tiered-profileを反映していない。

4) 化石棲管の内部構造（後方充填構造や同心円状の裏打ち構造）は、凝灰質岩を素材としたものもある。

5) 「枳上泥層」形成時の底生群集は、火山灰に埋積されても死滅しなかったと推定される。また、この群集は逆輸送型の摂食様式を採用した、埋在性の表層堆積物食者を要素に含んでいたと考えられる。

## 謝辞

本報告を著わすにあたり、富山県立図書館調査課には文献の収集にご協力いただいた。ここに記して深謝申し上げます。

## 文献

- Amano, K., Hamuro, T., Hamuro, M. and Fujii, S., 2001. The oldest vesicomid bivalves from the Japan Sea Borderland. *Venus*, (60): 189-198.
- Amano, K., Hamuro, T. and Hamuro, M., 2004. Latest early-earliest middle Miocene deep-sea molluscs in the Japan Sea borderland—the warm-water Higashibessho fauna in Toyama Prefecture, central Japan. *Paleontol. Res.*, (8): 29-42.
- Bednarz, M. and McIlroy, D., 2009. Three-dimensional reconstruction of “phycosiphoniform” burrows: implications for identification of trace fossils in core. *Palaeontol. Elect.*, (12): 13A, 15p.
- Bertling, M., Braddy, S. J., Bromley, R. G., Demathieu, G. R., Genise, J., Mikul, R., Nielsen, J. K., Nielsen, K. S. S., Rindsberg, A. K. and Schlirf, M., 2006. Names for trace fossils: a uniform approach. *Lethaia*, (39): 265-286.
- Botting, J. P. and Muir, L. A., 2012. Fauna and ecology of the holothurian bed, Llandrindod, Wales, UK (Darriwilian, Middle Ordovician), and the oldest articulated holothuria. *Palaeontol. Elect.*, (15): 9A, 28p.
- Bromley, R. G., 1996. *Trace Fossils. Biology, Taphonomy and Applications*, 2nd ed. 361p. Chapman and Hall.
- ブロムリー, 大森昌衛 (監訳), 1993. 生痕化石—生痕の生物学と化石の成因. 364p. 東海大学出版会.
- 千地万造, 1986. 日本海の形成とそれに伴う地史的事件に関する2, 3の問題. 海洋科学, (18): 188-191.
- D'Alessandro, A. and Bromley, R. G., 1987. Meniscate trace fossils and the *Muensteria-Taenidium* problem. *Palaeontol.*, (30): 743-763.
- De Vaugelas, J., 1989. Deep-sea lebensspuren: remarks on some echiuran traces in the Porcupine Seabight, northeast Atlantic. *Deep-Sea Res.*, (36): 975-982.
- Ekdale, A. A., 1985. Paleocology of the marine endobenthos. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, (50): 63-81.
- Fillion, D. and Pickerill, R. K., 1990. Ichnology of the Upper Cambrian? to Lower Ordovician Bell Island and Wabana Groups of eastern Newfoundland. *Palaeontograph. Canad.*, (7): 1-119.
- Frey, R. W., 1973. Concepts in the study of biogenic sedimentary structures. *Jour. Sed. Petrol.*, (43): 6-19.
- 藤井昭二・後藤道治・神嶋利夫・清水正之・金子一夫 (Fujii, S., Goto, M., Kamishima, T., Shimizu, M. and Kaneko, K.), 1992. 10万分の1富山県地質図および同説明書 (Geological Map of Toyama Prefecture, Scale 1:100,000 and Its Explanatory Text). 201p. 富山県 (Toyama Prefecture). (in Japanese)
- 藤田和夫・中川衷三, 1948. 富山県砺波地方の第三紀層. 日本地質学会第55年学術大会講演要旨. 125.
- Fürsich, F. T., 1974. Corallian (Upper Jurassic) trace fossils from England and Norway. *Stuttgarter Beitr. Naturk. Ser. B*, (13): 1-52.
- 後藤道治, 1996. 中瀬の新第三紀動物化石. 富山県教育委員会(編) 富山県の地質鉱物—富山県地質鉱物緊急調査報告書一, p. 20. 富山県.
- Harper, D. A. T., Scrutton, C. T. and Williams, D. M., 1995. Mass mortalities on an Irish Silurian. *Jour. Geol. Soc. London*, (152): 917-922.
- Hasegawa, S. and Takahashi, T., 1992. Faunal succession of benthic foraminifera in the upper Yatsuo Group of the Hokuriku district, central Japan—a temporal faunal trend during an Early-Middle Miocene transgression in Japan-. In: Ishizaki, K. and Saito, T. (Eds.) *Centen. Japan. Micropaleontol.*, pp. 51-66. Terra Scientific Publishing.
- 早川秀樹, 1983. 富山県八尾地域西部の新第三系の層序と年代. 大阪微化石研誌, (10): 1-13.
- 早川秀樹・竹村厚司 (Hayakawa, H. and Takemura, A.), 1987. 富山県八尾地域の新第三系. 地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan), (93): 717-732. (in Japanese with English abstract)
- Heikoop, J. M., Tsujita, C. J., Heikoop, C. E., Risk, M. and Dickinson, A. P., 1996. Effects of volcanic ashfall recorded in ancient marine benthic communities: comparison of a nearshore and an offshore environment. *Lethaia*, (29): 125-139.

- Hints, O., Hints, L., Meidla, T., and Sohar, K., 2003. Biotic effects of the Ordovician Kinnekulle ash-fall recorded in northern Estonia. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, (50): 115-123.
- 平山 廉・後藤道治・森作三恵子, 1997. 富山県八尾町井栗谷から産出したウミガメ化石. 富山科文センター研報, (20): 1-6.
- Howard, J. D., 1966. Characteristic trace fossils in Upper Cretaceous sandstones of the Book Cliffs and Wasatch Plateau. *Utah Geol. Min. Surv.*, (80): 35-80.
- Hubbard, S. M., MacEachern, J. A. and Bann, K. L., 2012. Slopes. *In: Knaust, D. and Bromley, R. G. (Eds.) Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments, Developments in Sedimentology*, (64): pp. 607-642. Elsevier.
- Huff, W. D., Bergstrom, S. M. and Kolata, D. R., 1992. Gigantic Ordovician volcanic ash fall in North America and Europe: biological, tectonomagmatic, and event-stratigraphic significance. *Geol.*, (20): 875-878.
- 伊藤康人・柳沢幸夫・渡辺真人, 1999. 八尾地域に分布する新第三系の古地磁気/珪藻化石層序. 地調月報, (50): 215-223.
- 金子一夫, 2001. 富山県東部に分布する中新世火山岩—火山砕屑岩の層序と造構造史. 地質雑, (107): 729-748.
- 金子一夫・犬塚則久, 1992. 富山県八尾層群産束柱目化石とその古環境. 地球科学, (46): 153-164.
- 紺野義夫, 1964. 北陸の新第三系—Biostratigraphyの現状と問題点一. 化石, (7): 27-35.
- Kotake, N., 1991. Packing process for the filling material in *Chondrites*. *Ichnos*, (1): 277-285.
- Kotake, N., 1992. Deep-sea echiurans: possible producers of *Zoophycos*. *Lethaia*, (25): 311-316.
- 小竹信宏, 1997. 安房地域の地質. 千葉県史料研究財団(編) 千葉県の自然誌, 本編2, 千葉県の大い, 県史シリーズ, (41): pp. 101-127. 千葉県.
- 横山次郎, 1930. 石川富山兩縣下の第三紀層概観. 地球, (14): 161-174.
- 松岡敏二・小出和正, 1980. 八尾層群産オオグソクムシ(甲殻類・等脚目)化石. 瑞浪化石博研報, (7): 51-58.
- Miller, W., III and Vokes, E. H., 1998. Large *Phymatoderma* in Pliocene slope deposits, northwestern Ecuador: associated ichnofauna, fabrication, and behavioral ecology. *Ichnos*, (6): 23-45.
- Nara, M., 1995. *Rosselia socialis*: a dwelling structure of a probable terebellid polychaete. *Lethaia*, (28): 171-178.
- 日本古生物学会(編), 2010. 古生物学事典(第2版), 584p. 朝倉書店.
- 小笠原憲四郎・金子一夫・清水正之・広岡公夫, 1990. 八尾周辺の新第三系. 日本地質学会第97年学術大会見学旅行案内書, 3-23.
- Ohta, S., 1984. Star-shaped feeding traces produced by echiuran worms on the deep-sea floor of the Bay of Bengal. *Deep-Sea Res.*, (31): 1415-1432.
- Orr, P. J., 1994. Trace fossil tiering within event beds and preservation of frozen profiles: an example from the Lower Carboniferous of Menorca. *Palaios*, (9): 202-210.
- Ozawa, H., 2016. Early to middle Miocene ostracods from the Yatsuo Group, central Japan: significance for the bathyal fauna between Japan Sea and Northwest Pacific Ocean during the back-arc spreading. *Paleontol. Res.*, (20): 121-144.
- Pemberton, S. G., MacEachern, J. A. and Frey, R. W., 1992. Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphic significance. *In: Walker, R. G. and James, N. P. (Eds.) Facies Models: Response to Sea Level Change*, pp. 47-72. Geol. Ass. Canada.
- Savrda, C. E. and Bottjer, D. J., 1986. Trace-fossil model for reconstruction of paleo-oxygenation in bottom waters. *Geol.*, (14): 3-6.
- Schlirf, M., 2000. Upper Jurassic trace fossils from the Boulonnais (northern France). *Geol. Palaeontol.*, (34): 145-213.
- Seilacher, A., 1964. Biogenic sedimentary structures. *In: Imbrie, J. and Newell, N. (Eds.) Approaches to Paleocology*, pp. 296-316. Wiley.
- Seilacher, A., 2007. Global ichnofacies. *In: Seilacher, A. (Ed.) Trace fossil analysis*, pp. 204-205. Springer.
- 清水正之・藤井昭二・葉室俊和, 2000. 北陸層群・東別所層から新たに発見された*Aturia*と, これに伴伴する軟体動物化石. 地球科学, (54): 43-48.
- Simpson, S., 1957. On the trace-fossil *Chondrites*. *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, (112): 475-499.
- Smith, A. B. and Crimes, T. P., 1983. Trace fossils formed by heart urchins (Echinoidea): a study of *Scolicia* and related traces. *Lethaia*, (16): 79-92.
- Taylor, A. and Goldring, R., 1993. Description and analysis of bioturbation and ichnofabric. *Jour. Geol. Soc. London*, (150): 141-148.
- 津田禾粒, 1953. 富山県八尾町付近の地質—特に八尾層群に関する地史学的研究一. 新潟大理研報, (1): 1-35.
- Tsuda, K., 1956. Fauna and facies of some Middle Miocene deposits in Japan. *Jour. Paleontol.*, (30): 974-980.
- Uchman, A., 1995. Taxonomy and palaeoecology of flysch trace fossils: the Marnoso-arenacea Formation and associated facies (Miocene, Northern Apennines, Italy). *Beringeria*, (15): 3-115.
- Uchman, A. and Wetzel, A., 2012. Deep-sea fans. *In: Knaust, D. and Bromley, R. G. (Eds.) Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments, Developments in Sedimentology*, (64): pp. 643-672. Elsevier.
- Wetzel, A., 2009. The preservation potential of ash layers in the deep-sea: the example of the 1991-Pinatubo ash in the South China Sea. *Sedimentol.*, (56): 1992-2009.
- Wetzel, A. and Uchman, A., 2012. Hemipelagic and pelagic basin plains. *In: Knaust, D. and Bromley, R. G. (Eds.) Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments, Developments in Sedimentology*, (64): pp. 673-702. Elsevier.
- Wheatcroft, R. A., Jumars, P. A., Smith, C. R. and Nowell, A. R. M., 1990. A mechanistic view of the particulate biodiffusion coefficient: step lengths, rest periods, and transport directions. *Jour. Mar. Res.*, (48): 177-207.
- 山野井 徹・津田禾粒・糸魚川淳二・岡本和夫・田口栄次, 1980. 西南日本の中新統中部から発見されたマングローブ林植物について. 地質雑, (86): 635-638.